© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Stapfia 10	149 — 160	30.11.1982

DIE ANALYSE ALPINER PFLANZENGESELLSCHAFTEN MIT HILFE NUMERISCHER ORDINATIONS- UND KLASSIFIKATIONSVERFAHREN*

G. GRABHERR**

1. EINLEITUNG

Die Auswertung von Vegetationstabellen mit Hilfe numerischer Verfahren, die bei umfangreichen Datenmengen (ca. mehr als 20 Vegetationsaufnahmen) an die Verfügbarkeit größerer Rechenanlagen gebunden ist, stößt in Mitteleuropa noch vielfach auf Mißtrauen und Unbehagen. Abgesehen von der Pionierarbeit durch HEGG (1965) sind die wenigen Beispiele aus dem Alpenraum bzw. der alpinen Stufe der Hochgebirge mittlerer Breiten praktisch erst in den letzten zehn Jahren publiziert worden (EIJSINK et al. 1978, DUELLI 1977, FEOLI-CHIAPELLA & FEOLI 1977, 1979, GRABHERR 1979, KLEIN 1980, LACOSTE 1971, 1972, 1976, KOMARKOVA 1980, MEYER 1977, POLDINI & FEOLI 1976, STOCKINGER &HOLZNER 1972, TOSCA & LABROUE 1979, WILDI 1977). Gründe für die Zurückhaltung vieler dürften das Fehlen guter zusammenfassender Darstellungen einerseits und falsche Erwartungen und Vorstellungen andererseits gewesen sein. Ersteres kann heute nicht mehr gelten, da mit den Lehrbüchern von ORLOCI (1978), WILLIAMS et al. (1976), EVERITT (1978) u. a. diese Lücke geschlossen sein dürfte. Zum Zweiten sei gesagt, daß in diesem Zusammenhang immer nur an die Automatisierung und Beschleunigung der Tabellenarbeit gedacht wurde. Dieses Argument ist aber nur berechtigt, wenn die Computerauswertung routinemäßig läuft. Bis es soweit ist, kann verhältnismäßig lange dauern. Was aber vielfach übersehen wurde und wird, ist, daß mit diesen Methoden sehr viel mehr möglich ist. Richtig eingesetzt, liefern sie nicht nur Hinweise auf eine optimale Klassifizierung und Gruppierung des Aufnahmenmaterials, sondern helfen, Hypothesen über Aut- und Synökologie zu finden und klarer zu formulieren. Letzteres trifft besonders für die sogenannten Ordinationsverfahren zu, deren Anwendung an einem Beispiel aus der alpinen Zwergstrauchheide demonstriert wird.

---

* Nomenklatur nach EHRENDORFER (1973) (Gefäßpflanzen), POELT (1974) (Flechten), GAMS (1973) (Moose).

** Die Auswertung des Datenmaterials erfolgte am Institute of Plant Biology, Bangor, North Wales. Herrn Prof. Dr. P. GREIG-SMITH sei für die Anleitung und für wertvolle Diskussionen an dieser Stelle herzlich gedankt.

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

2. ARBEITSGEBIET UND METHODE

Arbeitsgebiet und Aufnahmetechnik

Die Vegetationsaufnahmen erfolgten am Patscherkofel (2247 m) südlich von Innsbruck im Bereich der waldfreien Gipfelregion. Eine detaillierte Beschreibung des Arbeitsgebietes findet sich bei GRABHERR (1979). Windkanten in unterschiedlicher Exposition und Höhenlage wurden ausgesucht, und die einzelnen Aufnahmeflächen als 1 m breite Streifen rechtwinkelig zur Kante angelegt. Eine Beschränkung erfolgte insofern, als nur Ausbildungen des Loiseleurio-Cetrariertums und Gymnomitrio-Loiseleurietums (vgl. GRABHERR 1979) berücksichtigt wurden. Es wurden immer so viele Aufnahmen hintereinander als Gradient gewählt, bis *Loiseleuria* nicht mehr dominant in Erscheinung trat. Die Größe der Aufnahmeflächen war meist 1 oder 2 m², Anpassungen an das Gelände und die Ausdehnung der genannten Pflanzengesellschaften mußten in Einzelfällen vorgenommen werden. Als quantitatives Maß wurde der Deckungsgrad mit Hilfe der Punkt-Quadrat-Methode (vgl. MÜLLER-DOMBOIS & ELLENBERG 1974) bestimmt. D.h. die Werte entsprechen der Deckung einer Art, ausgedrückt als Prozentanteil an der Aufnahmefläche. Das Ergebnis ist in Tab. 1 zusammengestellt.

Auswertung

Ordination heißt Anordnung der Vegetationsaufnahmen als Punkt in einem Koordinatensystem, wobei die Distanzen der Punkte zueinander in etwa die Ähnlichkeit der Aufnahmen wiedergeben. Es ist praktisch die graphische Darstellung der Ähnlichkeitsstruktur einer Vegetationstabelle. Bei der vorliegenden Untersuchung erfolgte die Berechnung der Koordinaten nach dem Modell der Hauptkomponentenanalyse (siehe ORLOCI 1978, S. 109, WILLIAMS et al. 1976, S. 47 u.a.). Die Interpretation der Diagramme erfolgte graphisch, was kurz an folgendem Beispiel erklärt werden soll (Abb. 1): Abb. 1a zeigt die Anordnung der Aufnahmen auf den Hauptkomponenten 1 und 2. Eine Gruppe aus 7 Aufnahmen steht einer großen Gruppe von 21 Aufnahmen gegenüber. Die Aufnahmen 21 und 27 sind gewissermaßen "Ausreißer". Die Darstellung von Gruppenstrukturen weist die Ordination als nichthierarchische Klassifizierungsmethode aus, was besonders dann von Nutzen, wenn Einheiten gleichen Ranges (z.B. für die Vegetationskartierung) gesucht werden. Der große Wert der Ordination liegt aber in der Möglichkeit, die der Vegetationsstruktur zu Grunde liegenden ökologischen Faktoren herauszuarbeiten. In Abb. 1 b ersetzt die jeweils geltende Neigung die entsprechende Aufnahmenummer, z.B. die Neigung der Aufnahme 26 fällt in die Kategorie "größer 25°" (ausgewiesen im Diagramm mit "3"). Das Ergebnis zeigt, geringe Neigung ist mit Schwerpunkt für die Aufnahmen auf der linken Seite, starke Neigung für die Aufnahmen auf der rechten Seite charakteristisch. D.h. die Variabilität der Loiseleuriavegetation in der Höhenlage zwischen 1950 — 2250 m wird durch die Neigung bestimmt. Gemeinsam mit dem Ergebnis, daß sich entlang diesem Gradienten die Gesamtdeckung stark ändert (1c) führt dies etwa zu folgenden Hypothesen: 1. Die Artengarnitur wird durch Kälteresistenz und Frosttrocknis (vgl. LARCHER 1977) selektiert, da schwach geneigte Flächen im Winter häufig schneefrei sind. 2. Durch den Schneeabtrag tritt auf den Kanten Bodenfließen und Kammeisbildung verstärkt in Erscheinung. Dies verhindert das Aufkommen von Keimlingen, Kahlstellen entstehen und/oder werden dadurch erhalten. 3. Stärker geneigte Flächen sind durch das abfließende Wasser feuchter, d.h. die Selektion von Arten erfolgt hinsichtlich Wasserhaushalt. Diese Hypothesen könnten nun die Basis für detaillierte kausalanalytische Untersuchungen, auch experimenteller Art, sein. Welche Arten nun auf den Faktor Neigung reagieren und welche nicht, kann dadurch erkannt werden, daß deren Verteilung im Diagramm ausgewiesen wird, wie dies z.B. in Abb. 1d für *Vaccinium myrtillus* praktiziert wurde. Die Möglichkeit, Hypothesen zu generieren, ist der wesentlichste Aspekt der Ordination.

— Lassen sich ökologische Gradienten, die der Vegetationsverteilung zugrunde liegen, aus dem Ordinationsdiagramm ableiten?

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Position	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Höhe	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1
Exposition	WNW	WNW	WNW	W	W	W	W	WSW	W	W	W	W	WNW	NNW	WSW	SW	WSW	WSW	SW	WNW	N	N	SSW	SW	SW	NW	NNW	NNW	NW	NW
Neigung	3	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	1	2	2	2	1	2	2	1	1	2	2	2	1	2	3	3	3	2	3
Gesamtdeckung	100	100	100	65	87	100	68	82	92	98	69	57	68	89	51	44	90	87	52	45	98	91	43	90	59	99	100	100	100	94
Agrostis rupestris*	-	-	-	2	-	-	+	1	-	-	2	23	23	1	4	7	+	3	7	10	-	+	6	8	-	-	-	-	-	-
Alectoria nigricans	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	+
Alectoria ochroleuca	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	1	+	+	1	+	+	-	1	2	78	10	5	+	1	-	70	-	-	12
Antennaria dioica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Anthelia spec.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Anthoxanthum alpinum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
Avenella flexuosa	1	-	4	-	4	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	3	2	-
Avenochloa versicolor	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	3	2	-	-	-	1	-	3	-	-	-	-	-	-
Calluna vulgaris	-	-	+	+	20	1	5	12	11	-	2	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Carex brunnescens	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Carex curvula	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	12	5	1	-	-	-	1	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Cetraria crispa	-	-	3	3	-	-	1	9	-	-	2	-	-	2	+	-	5	1	+	-	8	2	2	3	1	-	-	-	+	2
Cetraria cucullata	-	+	2	-	-	+	4	5	-	1	+	-	+	11	1	+	8	3	2	+	22	24	2	5	1	-	3	5	-	4
Cetraria islandica	51	32	43	14	45	30	20	24	48	55	31	-	+	21	2	-	12	18	3	1	40	65	1	37	30	38	21	40	60	37
Cetraria nivalis	-	-	-	+	-	-	6	1	-	-	+	-	-	5	-	-	4	-	4	-	15	6	5	3	1	-	-	-	-	1
Cladonia chlorophaea**	-	-	-	2	-	-	2	-	-	-	2	3	5	1	-	3	+	-	+	1	-	-	+	-	-	-	-	-	-	30
Cladonia rangiferina	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
Cladonia sylvatica	2	-	1	6	-	1	5	2	18	5	9	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	1	-	1	1	3	23	2	1	35
Dicranum spec.	-	-	-	-	1	-	+	-	-	-	-	-	1	1	-	-	1	-	-	-	-	2	-	-	-	+	-	1	-	-
Empetrum hermaphroditum	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
Euphrasia minima	-	-	-	1	-	-	-	+	-	-	+	2	+	+	1	+	+	1	1	-	-	-	2	+	2	-	-	-	-	-
Gymnomitrion concinnatum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	3	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hieracium alpinum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	+	-
Homogyne alpina	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	+	-	-
Hylocomium splendens	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	-	9	2	-
Juncus trifidus	-	9	3	10	-	1	6	11	8	9	13	1	2	2	3	10	4	3	4	7	1	3	6	1	4	1	-	+	1	2
Juniperus nana	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Leontodon helveticus	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	3	2	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
Loiseleuria procumbens	90	92	90	51	81	92	48	56	84	85	72	10	20	77	33	22	76	65	29	10	79	76	24	79	39	41	72	58	74	72
Luzula alpino-pilosa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	+	-	-
Luzula sieberi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
Melampyrum pratense	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	+	-
Minuartia recurva	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	2	3	+	-	+	5	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-
Peltigera aphtosa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
Phyteuma hemisphaericum	-	-	+	5	-	-	-	2	-	-	-	6	5	+	1	3	4	+	3	2	1	1	1	2	+	-	-	-	-	+
Pleurozium schreberi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	44	2	12	4	-
Polytrichum juniperinum u.a.	-	-	+	2	-	-	+	3	-	-	+	+	+	+	+	+	1	-	+	2	-	-	+	-	+	-	-	-	-	+
Primunla minima	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	14	21	+	2	2	5	+	3	3	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+
Pulsatilla alpina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pycnothelia papillaria	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	+	-	-	-	-	+	3	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Ptilium crista castrensis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	+	-	-	-
Senecio carniolicus	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	1	+	-	-	+	+	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Silene exscapa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Tanacetum alpinum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Thamnolia vermicularis	-	-	-	7	-	-	1	4	-	-	2	-	2	7	3	1	1	5	3	-	5	2	1	3	3	-	-	-	-	1
Vaccinium gaultherioides	44	28	39	7	36	13	3	5	20	21	13	11	-	-	1	3	1	-	3	-	-	-	2	-	4	51	25	50	40	11
Vaccinium myrtillus	15	-	+	21	-	-	-	-	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	31	9	3	1	-
Vaccinium vitis idaea	25	-	9	3	21	3	2	10	8	2	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	+	1	-	+	-	16	22	8	7	1

* o.Festuca halleri
** Krusten-u.kleine Blattflechten: Lepraria neglecta
Cladonia chlorophaea u.pleurota

Tab. 1: Vegetationstabelle für Loiseleuria-reiche Pflanzengesellschaften auf dem Patscherkofel bei Innsbruck. Angegeben sind die Deckungsgrade in Prozent der Aufnahmefläche. Neigungsklassen: 1 = < 15°, 2 = 15—25°, 3 = > 25°; Höhenklassen: 1 = 1950 — 2050 m, 2 = 2050 — 2150 m, 3 = 2150 — 2250 m.

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

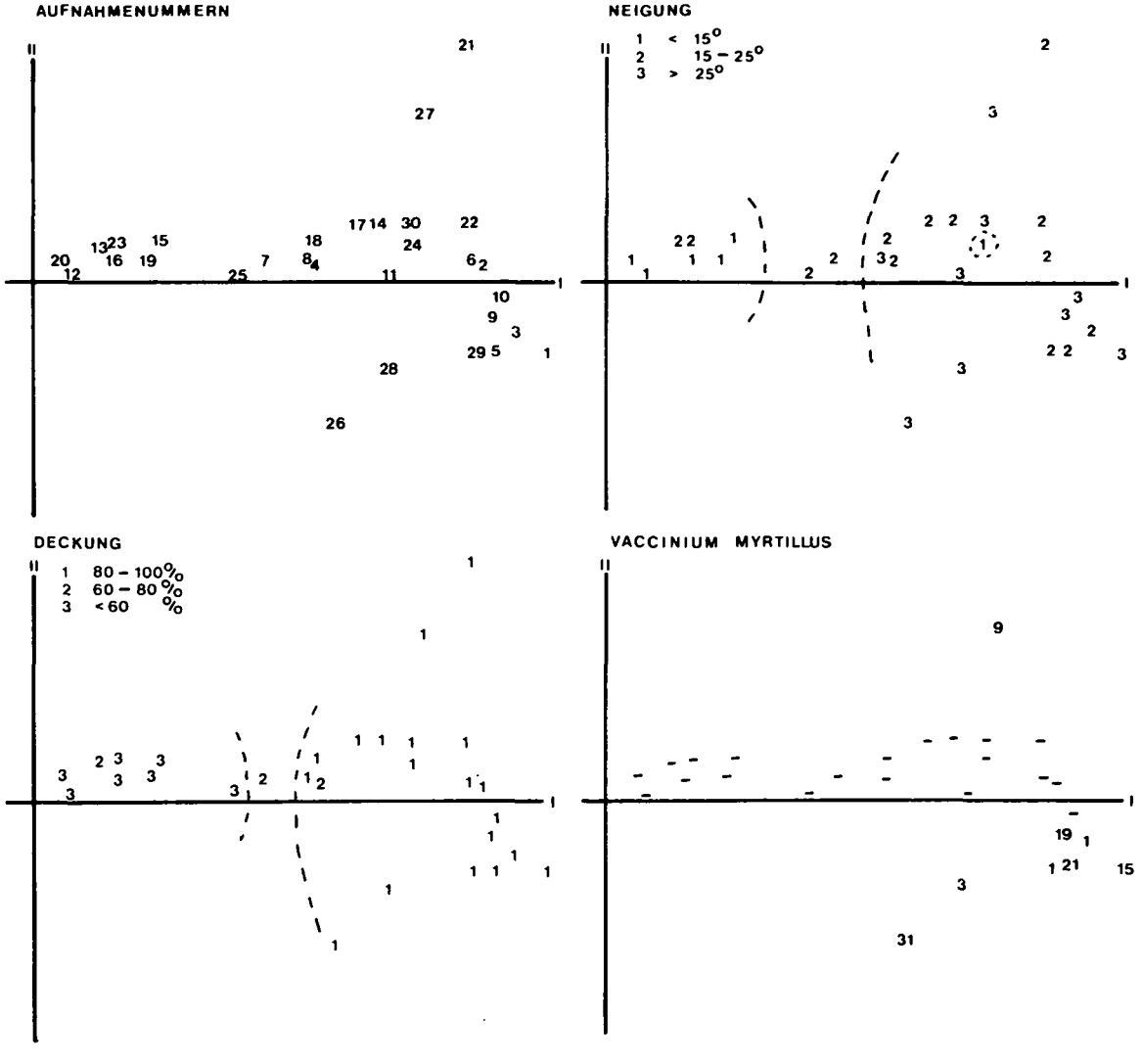

Abb. 1: Ordination der Vegetationsaufnahmen entlang Hauptkomponente 1 und 2. a) Darstellung der Vegetationsaufnahmen (Aufnahmenummern). b) Hier sind die Aufnahmenummern durch die Neigungswerte ersetzt. Die hohen Werte auf der rechten und die geringen auf der linken Seite weisen darauf hin, daß die Variabilität in der Vegetationszusammensetzung einem Neigungsgradienten folgt. Eine Aufnahme fällt allerdings heraus. c) Hier sind die Aufnahmenummern durch die Gesamtdeckung ersetzt, d.h. geringe Neigung — geringe Gesamtdeckung, starke Neigung — hohe Deckung. d) Verteilung von *Vaccinium myrtillus* im Aufnahmenmaterial, d.h. diese Art konzentriert sich auf stark geneigte Flächen.

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

— Läßt sich nach Transformation der Werte in die Artmächtigkeitsskala von BRAUN-BLANQUET bzw. in eine reine Präsenz-Absenz-Skala das gleiche Ordinationsergebnis erzielen und die gleichen ökologischen Aussagen ableiten?
Das Transformationsproblem wurde kürzlich von VAN DER MAAREL (1979) gründlich durchleuchtet und weitgehend abgeklärt. Die Überführung der Deckungswerte in die BRAUN-BLANQUET-Skala (r(1) — kleiner 1 % Deckung, +(2) — 1—3 %, 1(3) — 3 — 5 %, 2(4) — 5—25 %, 3(5) — 25—50 %, 4(6) — 50—75 %, 5(7) — 75—100 %) entspricht einer Wichtung, wobei stark deckende Arten ab-, schwach deckende Arten aufgewertet werden. Dies ist bei Überführung in reine Präsenz-Absenz-Werte (1 — anwesend, 0 — abwesend) noch stärker der Fall. Letzteres bewirkt einen ähnlichen Effekt wie Normierung durch Arten. Von VAN DER MAAREL (1979) wurde auch das Problem der Relevanz quantitativer Angaben aufgegriffen und zwar im Hinblick auf Klassifizierung. Je höher das Syntaxon, um so eher kann auf diese verzichtet werden, was in der Praxis der Tabellenarbeit in der Darstellung von Stetigkeitstabellen ja schon lange üblich ist. Dies ist im Hinblick auf die ökologische Aussagekraft des Aufnahmenmaterials nicht so eindeutig. GREIG-SMITH(1971) diskutiert dieses Problem und hält die Aufnahme reiner Artenlisten in den meisten Fällen für befriedigend, einersetis aufgrund der Erfahrung im Umgang mit numerischen Techniken, andererseits aufgrund der grundsätzlichen Überlegung, daß in dem Fall, daß zwei Arten häufig miteinander auftreten, dies in einem mehr oder weniger konstanten quantitativen Verhältnis zueinander realisiert ist.

— Welche Rolle spielen die Kryptogamen?

3. ERGEBNISSE UND DISKUSSION

Identifizierung von ökologischen Gradienten

In Abb. 2 ist das Ergebnis der Ordination für die ersten drei Komponenten dargestellt. Achse 1 läßt sich als Neigungsgradient identifizieren (Abb. 2c), doch ist dies nur mäßig klar ausgeprägt. Letzteres gilt auch für die Exposition, die einem Gradienten schräg zu Achse 3 folgt. Die Variabilität, die durch Achse 2 aufgezeigt wird, läßt sich nicht mit den untersuchten Faktoren, Höhe, Neigung, Exposition in Einklang bringen, die Höhe zeigt mit keiner der drei Achsen Übereinstimmung. D.h. insbesonders die Neigung (erklärte Varianz auf Achse 1 : 84 %), aber auch die Exposition, nicht aber die Höhenlage bestimmen die Ausprägung Loiseleuria-reicher Pflanzengesellschaften in der Stufe von 1950 — 2250 m. Ein noch unbekannter Faktor trägt zur Variabilität bei.

Transformation der Werte

Die Transformation in die BRAUN-BLANQUET-Skala (Abb. 3) verkürzt Achse 1, der Einfluß der Neigung ist aber nach wie vor durch diese ausgewiesen. Ebenso wird der Expositionsgradient schräg zu Achse 3 aufgezeigt, ja sogar noch klarer als in der ursprünglichen Ordination. Neu ist hier, daß ein Höhengradient abgelesen werden kann, und zwar parallel zu Achse 2. Die Transformation in die Präsenz-Absenz-Skala (Abb. 4) bringt einen Informationsverlust dahingehend, daß der Expositionsgradient gewissermaßen verloren geht bzw. sagt aus, daß sich die Artengarnitur mit der Exposition nicht mitverändert. Die Koordinaten auf Achse 1 und 2 zeigen das typische Hufeisen, das bei dieser Art von Wichtung bzw. bei Normierung zu erwarten ist. Entlang diesem Hufeisen verläuft ein komplexer Gradient, der sich aus Neigung und Höhe zusammensetzt. Folgende Hypothesen lassen sich formulieren: Veränderungen mit der Höhe wirken sich auf Artengarnitur und Deckungsgrad der Arten mit geringem Deckungsanteil aus, da die dominanten Arten ihren Deckungsgrad mit der Höhe nicht gerichtet verändern. D.h. diese Arten befinden sich in dieser Höhenlage noch im ökologischen Optimum. Dies gilt nicht zumindest für einen Teil der anderen Arten. Man kann sogar behaupten, daß sie hier an die Grenzen ihrer physiologischen Amplitude gelangen, oder bei ihrem Ausfall diese überschreiten, da der Konkurrenzdruck der dominanten Arten sich mit der Höhenlage nicht verändert.

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

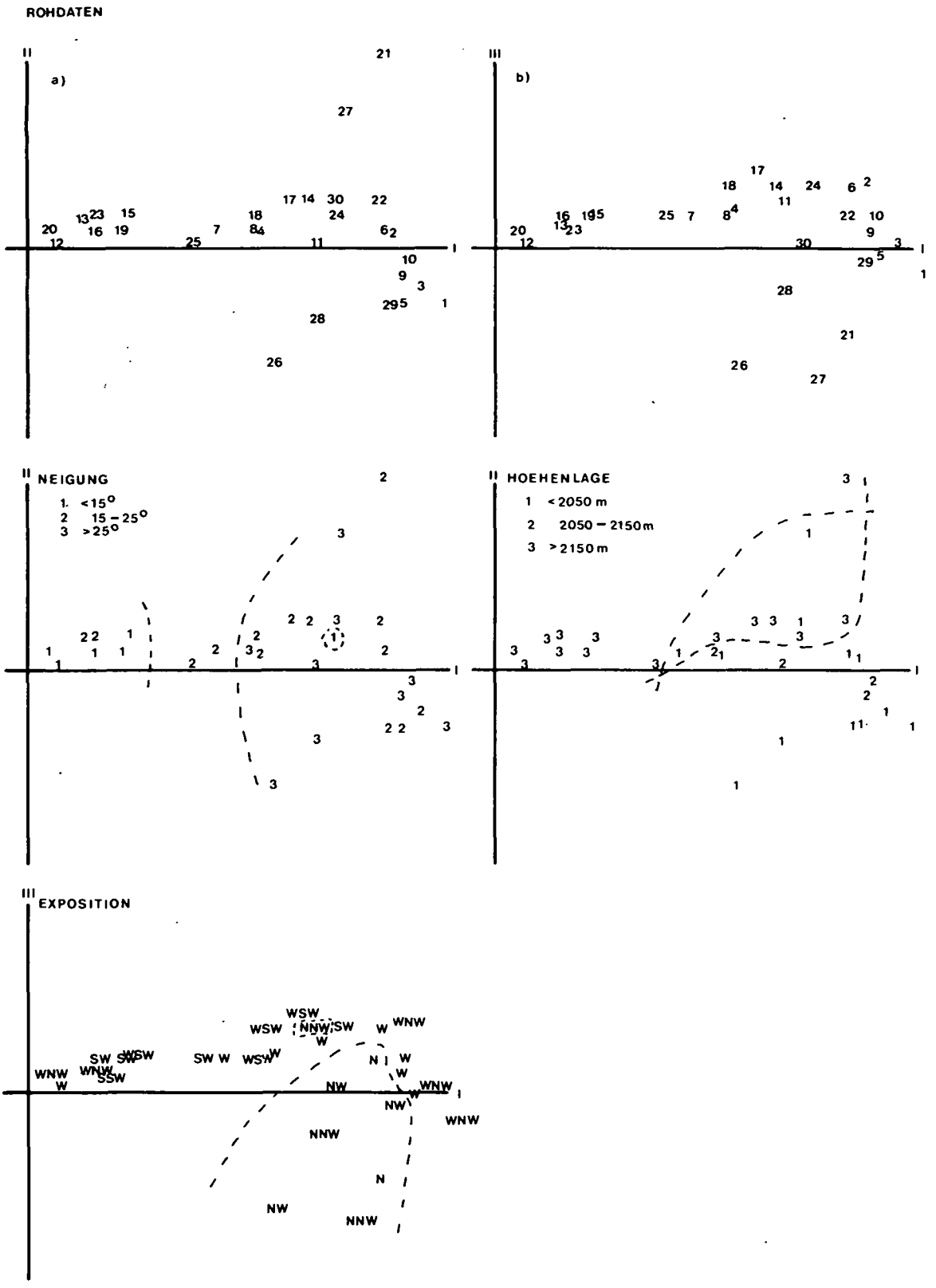

Abb. 2: Ordination der Vegetationsaufnahmen anhand der Deckungsgrade. a) Ordination entlang den Hauptkomponenten 1 und 2 (Aufnahmenummern). b) Ordination entlang den Hauptkomponenten 1 und 3 (Aufnahmenummern). c) Darstellung der Neigung — Gradient entlang Achse 1. d) Darstellung der Höhenlage — kein klarer Gradient vorhanden. e) Darstellung der Exposition — Gradient schräg und verzerrt zu Achse 3.

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

TRANSFORMATION IN ARTMAECHTIGKEITSWERTE

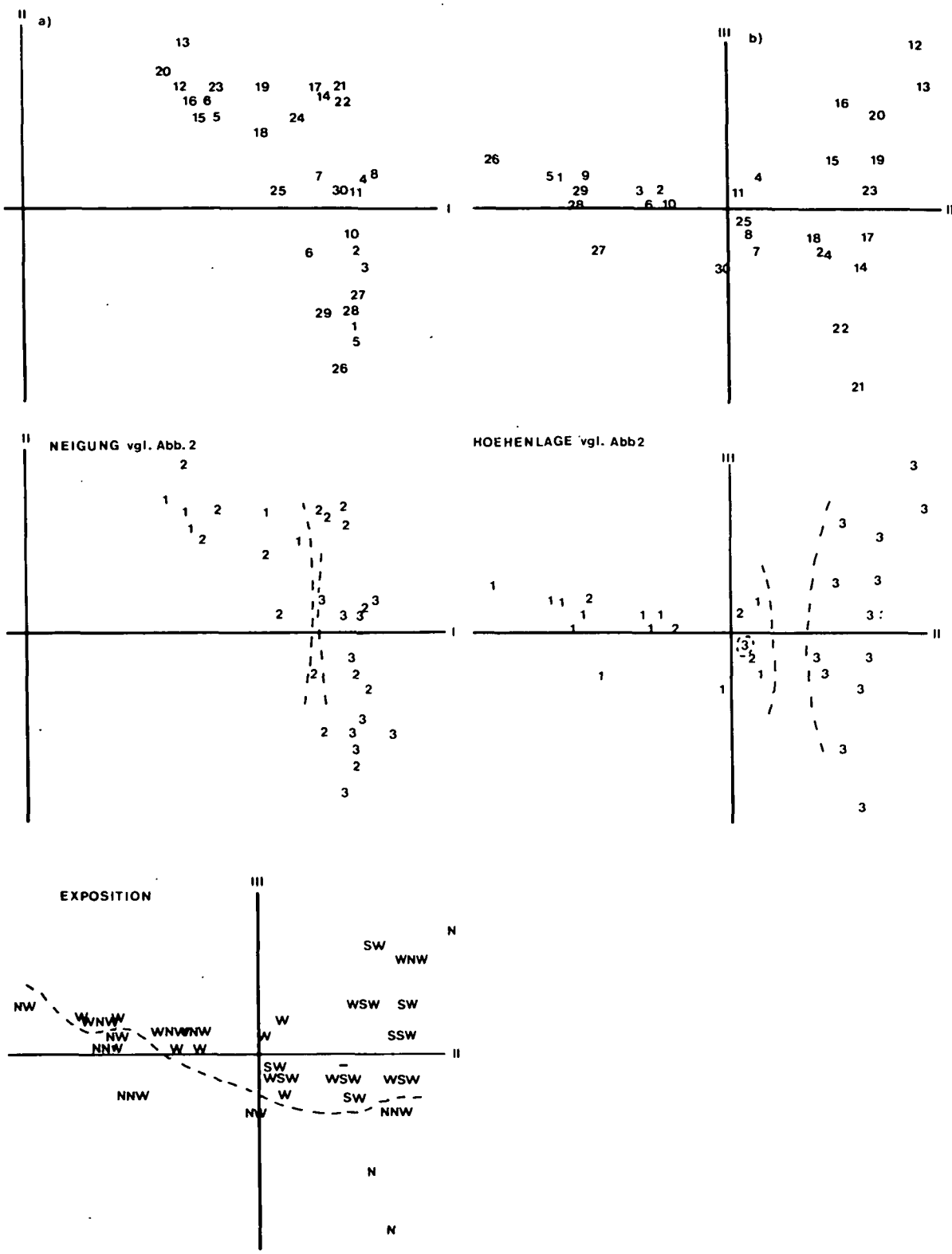

Abb. 3: Ordination der Vegetationsaufnahmen nach Transformation der Deckungsgrade in die BRAUN-BLANQUET-Skala. a) Ordination entlang den Hauptkomponenten 1 und 2. b) Ordination entlang den Hauptkomponenten 2 und 3. c) Darstellung der Neigung — Gradient entlang Achse 1. d) Darstellung der Höhenlage — Gradient entlang Achse 2. e) Darstellung der Exposition — Gradient etwas schräg zu Achse 3.

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

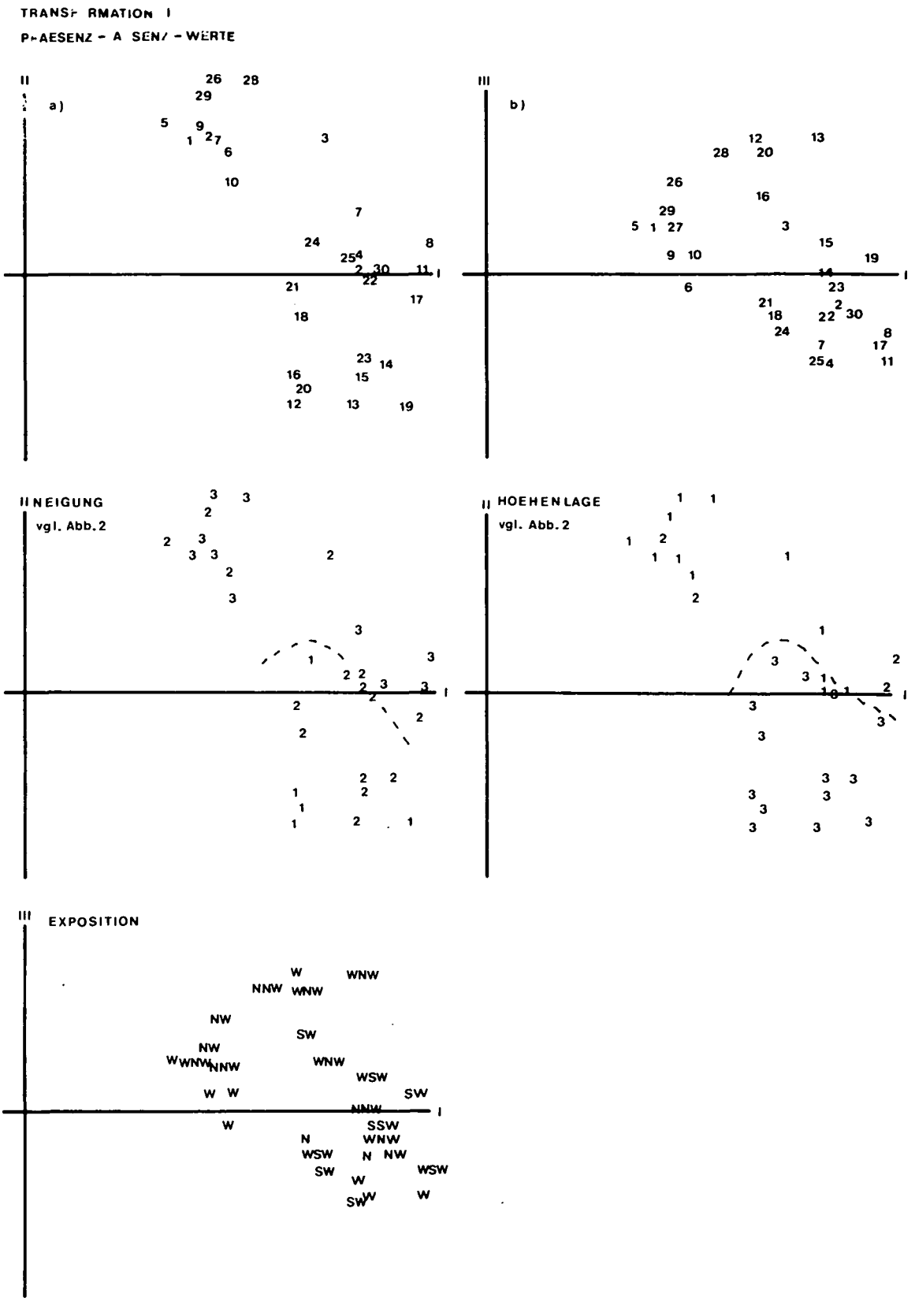

Abb. 4: Ordination der Vegetationsaufnahmen nach Transformation der Deckungsgrade in die Präsenz-Absenzskala. a) Ordination entlang Achse 1 und 2 — die Transformation bewirkt die periphere Anordnung der Aufnahmen (Hufeisenstruktur). b) Ordination entlang Achse 1 und 3. c) Darstellung der Neigung — Gradient entlang der Hufeisenstruktur. d) Darstellung der Höhenlage — ebenfalls Gradient entlang der Hufeisenstruktur, d.h. Neigung und Höhenlage werden nicht mehr aufgetrennt. e) Darstellung der Exposition — kein Gradient.

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Die Rolle der Kryptogamen

Ohne Kryptogamen lassen sich bereits auf der Basis der Deckungsgrade alle drei Gradienten ziemlich klar nachweisen, was auch für die Berechnung auf der Basis der Präsenz-Absenzskala zutrifft. Allerdings ist im letzten Fall eine klare Reihung hinsichtlich Wirkung der einzelnen Faktoren nicht mehr möglich, d.h. das Ergebnis bei Ordination basierend auf Deckungsgraden, zeigt eindeutig, daß die Neigung am wichtigsten ist (erklärte Varianz auf Achse 1: ca. 50 %), gefolgt von Höhe (erklärte Varianz auf Achse 2: ca. 10 %) und Exposition (erklärte Varianz auf Achse 3: ca. 5 %). Erfolgt die Berechnung anhand der Präsenz-Absenzwerte wird Achse 1 gewissermaßen für die Ausweisung der Wichtung "verbraucht". D.h. Höhe und Neigung erscheinen zusammengefaßt und gleichwertig entlang der Hufeisenstruktur. Die Exposition verläuft getrennt etwas schräg zu Achse 3. Das heißt Reduktion der Daten auf eine rein qualitative Basis (Artenliste) bringt einen gewissen Informationsverlust, der sich aber in Grenzen hält.

Die zuvor gemachten Aussagen, daß die Exposition die Artengarnitur nicht gerichtet beeinflußt bzw. daß sich der Deckungsgrad mit der Höhenlage nicht ändert, müssen somit für die Blütenpflanzen korrigiert werden. Die Kryptogamen verursachen "back ground noise", ihre Artengarnitur spricht gewissermaßen auf Neigung an, doch ist ihre Variabilität weit weniger klar durch ökologische Faktoren erklärbar. Ihr grundsätzlich verschiedenes Verhalten zu den Phanerogamen ist aus der unterschiedlichen Physiologie (Kryptogamen sind poikilohyder, Fehlen von Wurzeln — dadurch anderer Nährstoffhaushalt) und der anderen Regeneration und Propagation verständlich. Inwiefern bei deren Auftreten auch der Zufall eine Rolle spielt, bleibe dahingestellt. So zeigt z.B. *Alectoria ochroleuca,* die als "härteste" der "windharten" Flechten gilt, im Windkanal bei gegebener Zeit den größten Evaporationsverlust (LARSON & KERSHAW 1976) verglichen mit *Cetraria*- und *Cladonia*-Arten, und tritt keineswegs konstant auf den exponiertesten Windkanten auf, sondern fehlt dort nicht selten. Weiters kann an dieser Flechte "Frontbildung" beobachtet werden, d.h. sie wächst als geschlossener Teppich über *Loiseleuria* o.a. vor mit einer klar abgegrenzten Vorderseite. Weiters ist bekannt, daß die gleichen Flechten, wie im *Loiseleurietum* auch im *Caricetum curvulae* und dem *Elynetum* auftreten (ELLENBERG 1978, S. 558). Der Wert der Kryptogamen, insbesonders der Flechten für ökologische Aussagen über die Vegetation ist zumindest in diesem Bereich in Frage zu stellen. Besser dürfte es sein, sie überhaupt getrennt von den Blütenpflanzen zu betrachten, will man ihre Soziologie und Ökologie aufklären (vgl. ELLENBERG 1978, S. 558). Ansonsten wirken sie nur störend. Es hätte somit genügt, nur die Blütenpflanzengarnituren bei den Vegetationsaufnahmen zu berücksichtigen, um die wesentlichen ökologischen Aussagen über die Blütenpflanzen in der Loiseleuriavegetation dieser Höhenlage machen zu können! Ökologie und Soziologie der Kryptogamen müßte eingehender und großräumiger untersucht werden.

4. ZUSAMMENFASSUNG

Die Frage inwiefern sich Transformation und Eliminierung von Kryptogamen auf die ökologische Aussagekraft von Ordinationen auswirken, wurde anhand von 30 Aufnahmen aus der Zwergstrauchheide des Patscherkofels bei Innsbruck untersucht. Der Nachweis, daß die Variabilität der Vegetation primär von der Neigung, weiters noch von Höhe und Exposition abhängig ist, war auch ohne Kryptogamen möglich. Diese verursachen sogar "back ground noise", wodurch die Reaktion der Blütenpflanzen auf die maßgeblichen ökologischen Faktoren verschleiert wird. Die Frage wird aufgeworfen und diskutiert, ob die Berücksichtigung von Kryptogamen in Vegetationstabellen für ökologische Aussagen überhaupt sinnvoll ist. Es wird vorgeschlagen, Ökologie und Soziologie von Kryptogamen und Blütenpflanzen zumindest in gewissen Bereichen getrennt zu untersuchen.

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

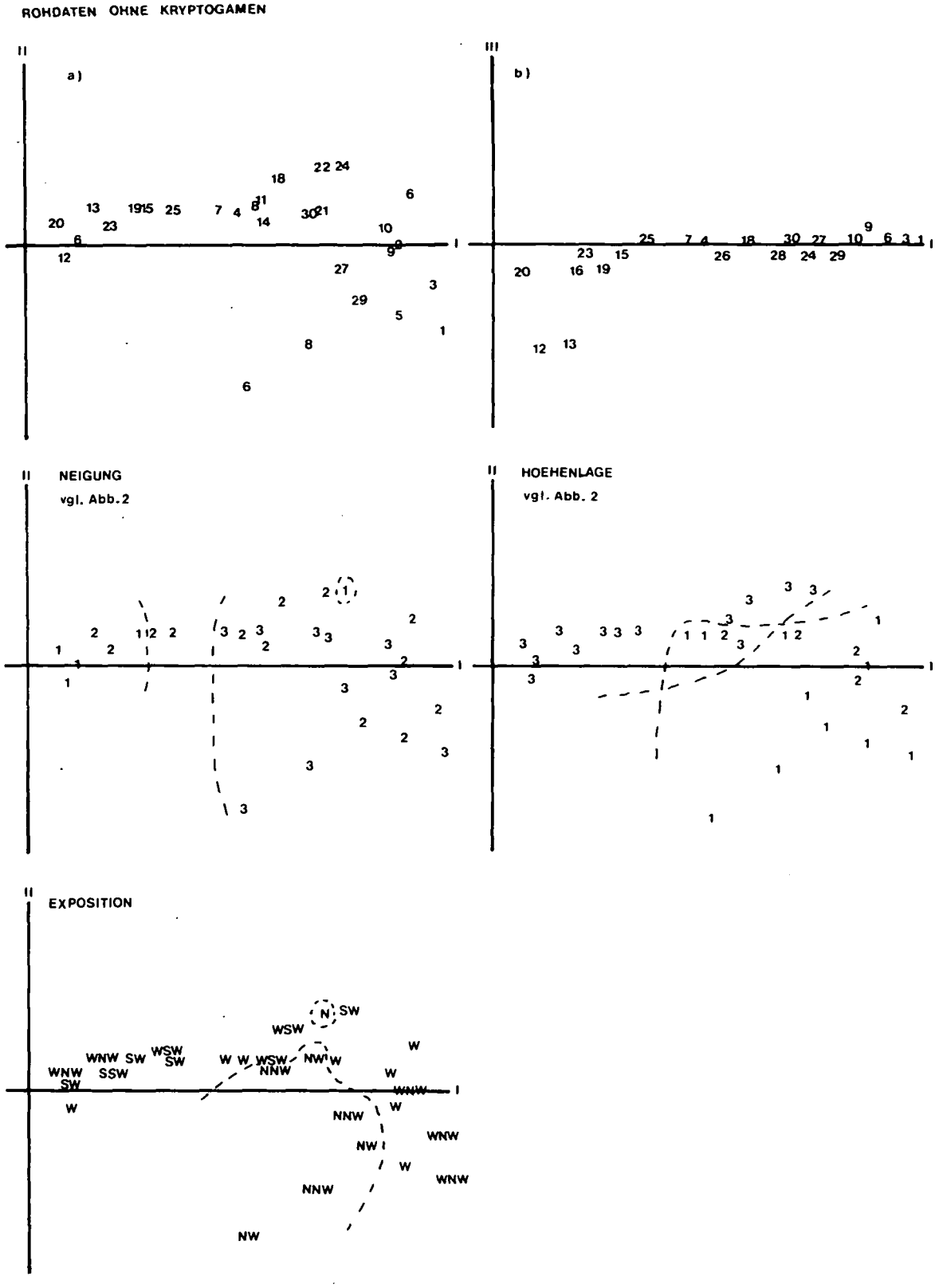

Abb. 5: Ordination der Vegetationsaufnahmen nur anhand der Phanerogamen ohne Transformation. a) Ordination entlang Achse 1 und 2. b) Ordination entlang Achse 1 und 3. c) Darstellung der Neigung — Gradient entlang Achse 1. d) Darstellung der Höhenlage — Gradient schräg zu Achse 2. e) Darstellung der Exposition — Gradient schräg und verzerrt zu Achse 3.

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

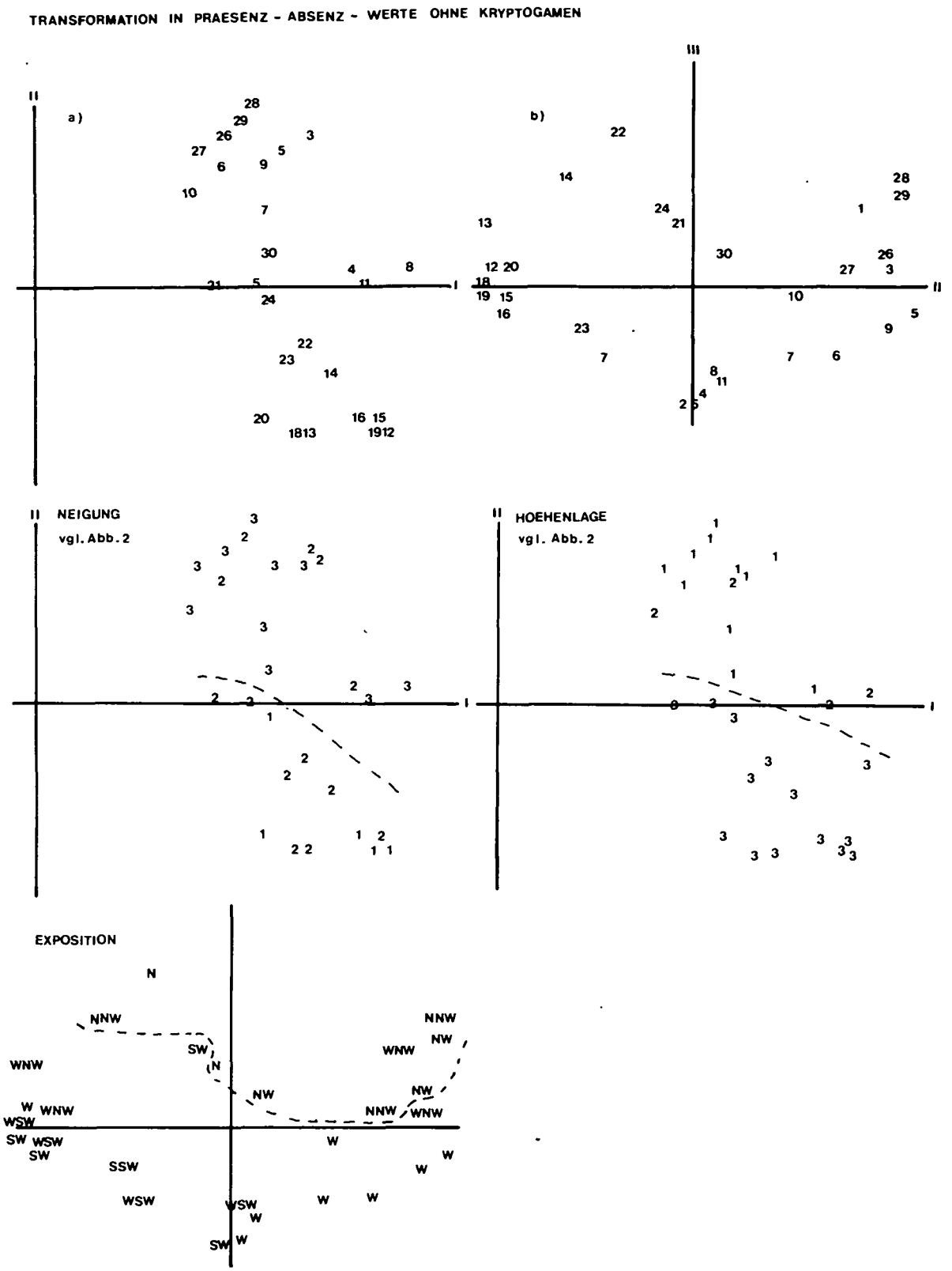

Abb. 6: Ordination der Vegetationsaufnahmen nur anhand der Phanerogamen und Transformation in Präsenz-Absenzskala. a) Ordination entlang Achse 1 und 2 (beachte die Hufeisenstruktur!). b) Ordination entlang Achse 2 und 3. c) Darstellung der Neigung — Gradient entlang der Hufeisenstruktur. d) Darstellung der Höhenlage — Gradient entlang der Hufeisenstruktur; wie in Abb. 4 werden hier Neigung und Höhenlage nicht mehr aufgetrennt. e) Darstellung der Exposition — Gradient etwas schräg zu Achse 3.

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

5. LITERATUR

DUELLI, M.T. 1977: Die Vegetation des Gaißbergtales. — Dissertation Innsbruck.

EHRENDORFER, F. 1973: Liste der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. — Fischer. Stuttgart. 318 pp.

EIJSINK, J., ELLENBROEK, G., HOLZNER, W. & WERGER, M.J.A. 1978: Dry and semi-dry grasslands in the Weinviertel, Lower Austria. — Vegetatio, **36,** 3: 129—148.

EVERITT, B. 1978: Graphical techniques for multivariate data. — Heinemann. London. 117 pp.

ELLENBERG, H. 1978: Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. — Ulmer. Stuttgart. 981 pp.

FEOLI CHIAPELLA, L. & FEOLI, E. 1977: A numerical phytosociological study of the summits of the Majella massive (Italy). — Vegetatio **34:** 21—39.

FEOLI, E. & FEOLI CHIAPELLA, L. 1979: Relevé ranking based on a sum of squares criterion. — Vegetatio **39:** 123—126.

GAMS, H. 1973: Kleine Kryptogamenflora. Bd. 4, Moos- und Farnpflanzen. — Fischer. Stuttgart. 248 pp.

GRABHERR, G. 1979: Variability and ecology of the alpine dwarf shrub community Loiseleurio-Cetrarietum. — Vegetatio **41:** 111—120.

GREIG-SMITH, P. 1971: Analysis of vegetation data: the user viewpoint. In: PATIL, G.P., PIELOU, E.C. & WATERS, W.E. (ed): Statistical ecology. Pennsylvania State University Press. **3.** 195—206.

HEGG, O. 1965: Untersuchungen zur Pflanzensoziologie und Ökologie im Naturschutzgebiet Hohgant. — Beiträge zur geobotanischen Landesaufnahme der Schweiz, **46:** 1—188.

KOMARKOVA, V. 1980: Classification and ordination in the Indian Peaks area, Colorado Rocky Mountains. — Vegetatio, **42:** 149—165.

KLEIN, A. 1980: Die Vegetation der Nationalstraßenböschungen der Nordschweiz und ihre Eignung für den Naturschutz. — Veröffentl. des Geobot. Inst. Rübel. **72:** 1—75.

LACOSTE, A. 1976: Relations floristiques entre les groupements prairiaux du Triseto-Polygonion et les megaphorbiaies (Adenostylion) dans les Alpes occidentales. — Vegetatio **31:** 161—176.

LARCHER, W. 1977: Ergebnisse des IBP-Projektes "Zwergstrauchheide Patscherkofel". — Sitzungsber. Österr. Akademie Wiss., Mathem.-naturwiss. Kl., Abt. I, **186:** 301—371.

LARSON, D.W. & KERSHAW, K.A. 1976. Studies on lichen-dominated systems. XVIII. Morphological control of evaporation in lichens. — Can. Journ. Bot. **54:** 2061—2073.

MEYER, M. 1977: Vergleich verschiedener Chrysopogon gryllus-reicher Trockenwiesen des Insubrischen Klimabereiches und angrenzender Gebiete. — Vegetatio **35:** 107—115.

MAAREL, E. van der 1979: Transformation of cover-abundance values in phytosociology and its effect on community similarity. — Vegetatio **39:** 97—115.

MÜLLER-DOMBOIS, D. & ELLENBERG H. 1974: Aims and methods of vegetation ecology. — Wiley. New York-London-Sydney-Toronto. 545 pp.

ORLOCI, L. 1978: Multivariate analysis in vegetation research. — Junk B.V. The Hague-Boston. 451 pp.

POELT, J. 1974: Bestimmungsschlüssel europäischer Flechten. — J. Cramer, Vaduz. 757 pp.

POLDINI, L. & FEOLI, E. 1976: Phytogeography and syntaxonomy of the Caricetum firmaes L. in the Carnic Alps. — Vegetatio **32:** 1—9.

STOCKINGER, J.J. & HOLZNER W.F. 1972: Rationelle Methode zur Auswertung pflanzensoziologischer Aufnahmen mittels Elektronenrechner. In: MAAREL, E. van der. & TÜXEN, R. (ed.) Grundfragen und Methoden in der Pflanzensoziologie. — Junk. Den Haag. 533 pp.

Anschrift des Verfassers:
Mag. Dr. Georg GRABHERR, Inst. f. Botanik, Sternwartestr. 15, A-6020 Innsbruck